

УДК 697.1

*А.М. ПРОТАСЕВИЧ, канд. техн. наук, В.В. ЛЕШКЕВИЧ, научный сотрудник, Белорусский национальный технический университет (Минск); А.Б. КРУТИЛИН, зав. сектором теплофизических исследований, РУП «Институт БелНИИС» (Минск)*

## Влажностный режим наружных стен зданий в условиях Республики Беларусь

*Представлены результаты натурных исследований влажностного режима наружных стен жилых зданий. Показано, что фактические массовые влажности материалов не соответствуют величинам расчетных массовых отношений влаги, приведенных в нормативных документах Республики Беларусь.*

**Ключевые слова:** стена, влажность, материал, натурные исследования.

### Введение

Климатические условия в Республике Беларусь (РБ) характеризуются частыми оттепелями и переходами температуры через ноль градусов, мокрым снегом и дождями даже в зимний период года. Изменчивость погодных условий влияет на тепловлажностное состояние ограждающих конструкций, а следовательно, на влажность их материалов.

В РБ в рамках государственной программы значительное количество зданий капитально отремонтировали и подвергли тепловой модернизации. Авторами выполнено обследование более 200 жилых зданий типовых серий, возведенных за период с 1950 г. по настоящее время. В работе приведена часть полученных результатов, а именно данные по распределению влаги по сечениям наружных стен как до, так и после проведения капитального ремонта или тепловой модернизации жилых зданий. Они дополняют обширный массив данных по тепловлажностному состоянию ограждающих конструкций зданий, изложенных в монографиях, а также публикации о состоянии современных конструкций с системами наружной теплоизоляции [1–4] и др.

### Результаты натурных исследований

Наружные кирпичные стены жилых зданий постройки 1950–1990 гг. на территории РБ возводились из эффективного и обыкновенного керамического кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной  $\delta=510$  мм с наружными и внутренними штукатурными слоями. Распределение массовой влажности по сечению наружных стен из кирпичной кладки на конец отопительного периода (по данным обследований пяти зданий) приведено на рис. 1.

Результаты натурных исследований указывают на различие массовой влажности наружного и внутреннего штукатурного слоев и кирпичной кладки. Массовая влажность кирпича кладок, определенная экспериментально, лежит в пределах 0,21–0,38%. Эти величины ниже показателей максимальной сорбционной влажности кирпича ( $W_{\text{сop}}=0,55\text{--}0,75\%$ ) и ниже расчетных массовых отношений влаги в кирпичной кладке, принимаемых на стадии проектирования в зависимости от условий эксплуатации равными  $W=1$  и 2%.

Влажность керамического кирпича по толще кладки меняется незначительно с некоторым увеличением у наружной поверхности стен. Влажность по сечению стен распределяется без значительного увеличения ее в слоях, расположенных в зоне возможной конденсации водяного пара.

Наружные стены жилых зданий из керамзитобетонных панелей имели толщину преимущественно  $\delta=300$  мм и формировались с наружным и внутренним бетонными слоями. Средний слой выполнялся из керамзитобетона плотностью 800–900 кг/м<sup>3</sup>. Следует отметить, что в изготавливаемых стеновых панелях наблюдалось значительное колебание плотности керамзитобетона от 800 до 1200 кг/м<sup>3</sup>. Плотность большинства отбираемых при вскрытиях стен образцов керамзитобетона была близка к 1100 кг/м<sup>3</sup>.

По результатам определения массовой влажности проб керамзитобетона, извлеченных при вскрытии наружных стен

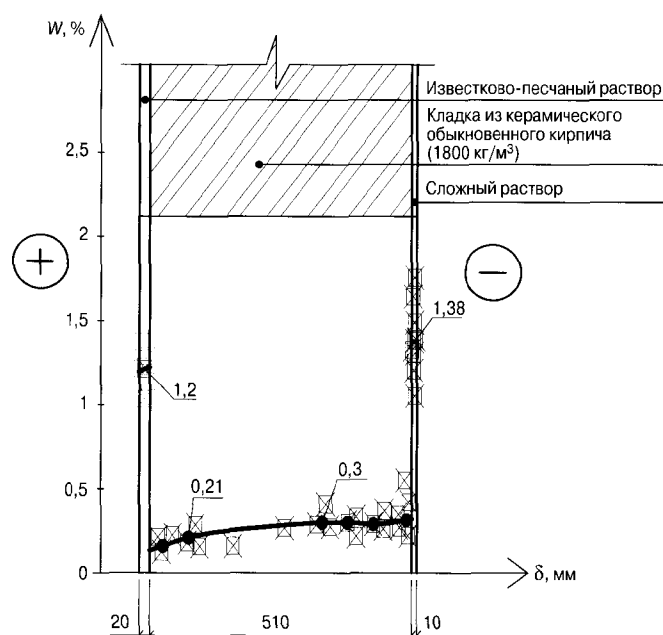


Рис. 1. Распределение массовой влажности по сечению наружной стены кладкой из керамического обыкновенного кирпича

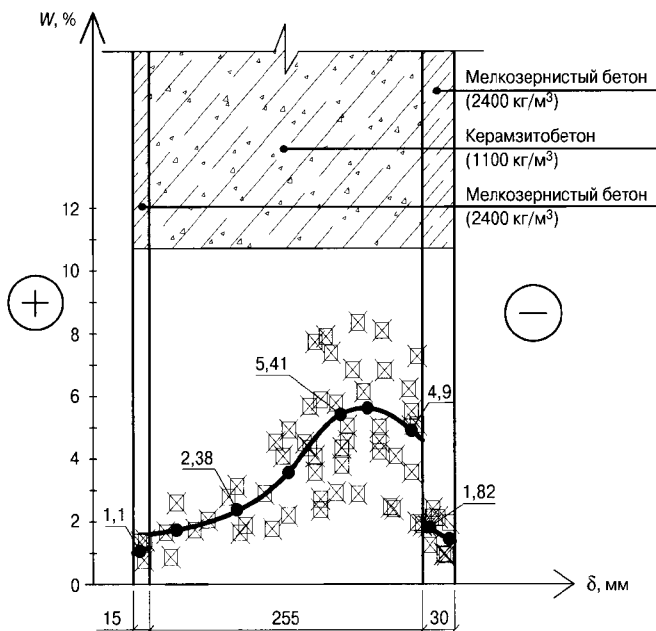


Рис. 2. Распределение массовой влажности по сечению наружных стен из керамзитобетонных панелей

13 жилых зданий по окончании отопительных годовых сезонов, построено ее распределение по сечению стены (рис. 2).

Натурные эксперименты показывают значительный разброс в величинах массовой влажности по слоям керамзитобетона наружных стен различных объектов. Средняя по сечению стен влажность керамзитобетона равна  $W_{cp}=3,62\%$ , максимальная по сечению —  $W_{max}=5,53\%$ . В общем, массовые влажности образцов керамзитобетона значительно меньше расчетного массового отношения  $W_b=10\%$ , приведенного в СНиП II-3-79\*\* «Строительная теплотехника» и ТКП 45-2.04-43 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования», и близка к показателю, соответствующему условиям эксплуатации «А» ограждений.

Значительный разброс результатов исследований массовой влажности керамзитобетона в основном определен условиями эксплуатации помещений зданий. На отдельных обследуемых объектах зафиксировано увеличение относительной влажности воздуха в помещениях до 70%.

Многослойные стеновые панели толщиной 250 мм со средним теплоизоляционным слоем из плит минераловатных

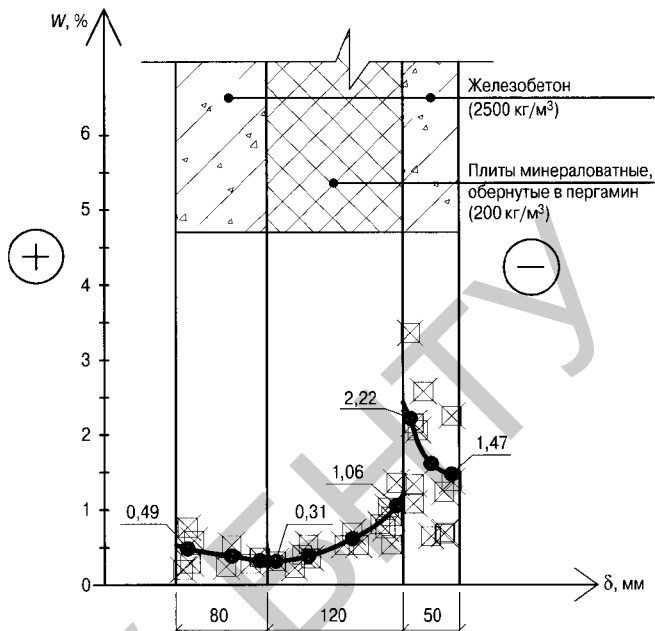


Рис. 3. Распределение массовой влажности по толщине стен из панелей с утеплителем из минераловатных плит

на битумном связующем, обернутые в пергамин, начали использоваться при строительстве жилых зданий с 1960 г. Наиболее используемыми стали панели с толщиной наружного и внутреннего железобетонных слоев соответственно 50 и 80 мм, а среднего теплоизоляционного — 120 мм. Распределение массовой влажности для стен из указанных панелей по результатам обследования семи объектов показано на рис. 3.

Максимальные величины массовой влажности минеральной ваты зафиксированы в слоях, примыкающих к наружному железобетонному слою панелей, и не превышают  $W_{max}=1,5$  мас. %. Средняя влажность наружного железобетонного слоя составила  $W_{cp}=1,7$  мас. %; внутреннего —  $W_{cp}=0,4\%$ ; минераловатных плит на битумном связующем —  $W_{cp}=0,6\%$ . Следует отметить, что определенная массовая влажность минеральной ваты значительно меньше расчетных массовых отношений влаги, приведенных в СНиП II-3-79\*\*.

Трехслойные стеновые панели толщиной 300 мм со слоем теплоизоляции из пенополистирольных плит начали формировать на заводах ЖБИ с 1985 г. Панели изготавливали как с ребрами жесткости, так и на гибких связях.

Наименование материала	Расположение слоя в конструкции стены	Средняя по слою влажность $W_{cp}$ , %	Максимальная по слою влажность $W$ , %	Сорбционная влажность при относительной влажности воздуха $\phi=97\%$	Расчетное массовое отношение влаги в материале по условиям эксплуатации «Б», %
Железобетон	внутренний	0,75	1,2	1,2*	3
Железобетон	наружный	1,95	3,8	1,2*	3
Керамзитобетон (1100 кг/м³)	средний	3,62	5,5	10,5*	10
Аглопоритобетон (1800 кг/м³)	внутренний	1,35	1,5	4,96	8
Аглопоритобетон (1800 кг/м³)	наружный	2,7	4,3	4,96	8
Фибролит (400 кг/м³)	средний	6,54	10,1	26,5*	15
Минеральная вата на битумном связующем (200 кг/м³)	средний	0,59	0,78	1,7	5
Пенополистирол (25 кг/м³)	средний	0,88	1,02	1,82	10
Кирпич полнотелый керамический (1700 кг/м³)	средний	0,26	0,38	0,75	2

\* Данные приведены по «Руководству по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий» (НИИСФ, 1984).

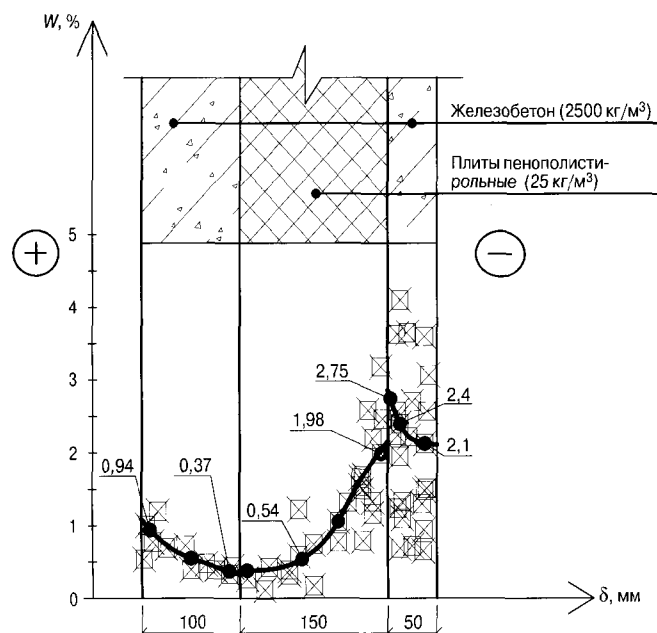


Рис. 4. Распределение массовой влажности по сечению стены из панелей с утеплителем из пенополистирольных плит

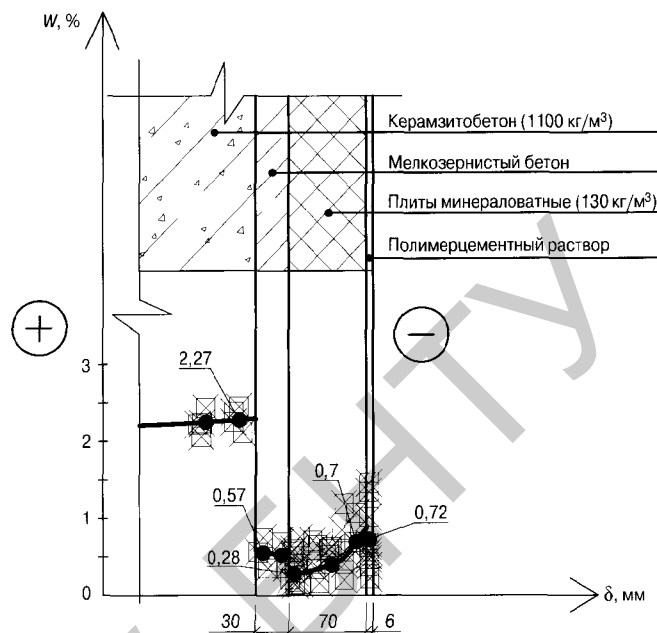


Рис. 5. Распределение массовой влажности по толще наружной стены из стеновых панелей с дополнительной теплоизоляцией штукатурной системой

Толщина слоя теплоизоляции в изделиях была в пределах 140–160 мм.

Натурные обследования стен зданий выявили наличие в панелях дефектов, связанных с технологией их изготовления. Наиболее часто встречающиеся дефекты вызваны затеканием тяжелого бетона в местах стыков плит теплоизоляции, а также расположением гибких связей и т. д. Распределение массовой влажности материалов по сечению стены из трехслойных стеновых панелей по результатам обследования 12 зданий показано на рис. 4.

Распределение массовой влажности по сечению слоя из плит пенополистирольных характерно ее увеличением на границе с наружным железобетонным слоем. Причина – расположение в данном участке стены зоны конденсации водяного пара. Средняя по сечению слоя влажность пенополистирола составила  $W_{\text{ср}} = 0,88$  мас. %, что намного меньше расчетного массового отношения для условий эксплуатации «Б», приведенного в СНиП II-3–79\*\* и ТКП 45-2.04-43, а максимальная (у наружного железобетонного слоя) – не более  $W_{\text{max}} = 2,5$  мас. %. Тяжелый бетон наружного слоя панелей имеет среднюю массовую влажность  $W_{\text{ср}} = 2,4\%$ , что близко к нормативным показателям расчетных массовых отношений влаги для условий эксплуатации «А» и «Б».

Экспериментальные результаты определения массовой влажности материалов, полученные при обследовании наружных стен жилых зданий и представленные на рис. 1–4, а также непредставленные графически, сведены в таблицу. Из таблицы видно, что массовая влажность бетона многослойных наружных стен зависит от места их расположения. Так, бетонные слои стеновых панелей, расположенные у внутренней поверхности стен, имеют массовую влажность в области их сорбционного увлажнения, и на их величины главным образом влияют условия микроклимата в помещениях квартир. Наружные бетонные слои увлажняются как при воздействии атмосферных осадков, так и за счет процессов диффузии влаги. Разброс в значениях массовой влажности также связан с воздействием на них ветра и солнца.

Средние влажности теплоизоляционных слоев в конструкциях наружных стеновых панелей получены значительно ниже расчетных массовых отношений для условий эксплуатации «Б».

При выполнении капитальных ремонтов, реконструкции и тепловой модернизации зданий выполняется дополнительная наружная теплоизоляция стен либо вентилируемыми фасадными, либо штукатурными системами (скрепленная теплоизоляция). После их выполнения влажностный режим наружных стен с системами утепления меняется с заметным снижением влажности наружной стены в пределах от ее внутренней поверхности до слоя дополнительной теплоизоляции (рис. 5, 6).

Зона возможной конденсации водяного пара, независимо от использования в качестве утеплителя минераловатных или пенополистирольных плит, у штукатурных систем смещается к слоям теплоизоляционного материала у наружной штукатурки и наблюдается при значительно более низкой температуре наружного воздуха в сравнении с неутепленными стенами.

### Выводы

Обобщены результаты натурных исследований наружных стен типовых, наиболее распространенных на территории Республики Беларусь жилых зданий, возведенных в период с 1950 по 2000 г.

Установлено, что массовая влажность материалов наружных стен, по данным экспериментальных исследований, значительно меньше расчетных массовых отношений влаги, приведенных в нормативных документах. Удовлетворительная сходимость установлена только для железобетона наружных слоев стеновых панелей.

Значительные различия имеются в величинах средних массовых влажностей материалов наружных стен с дополнительной наружной теплоизоляцией, выполненной штукатурными системами (скрепленная теплоизоляция) или вентилируемыми фасадными системами теплоизоляции, по данным экс-

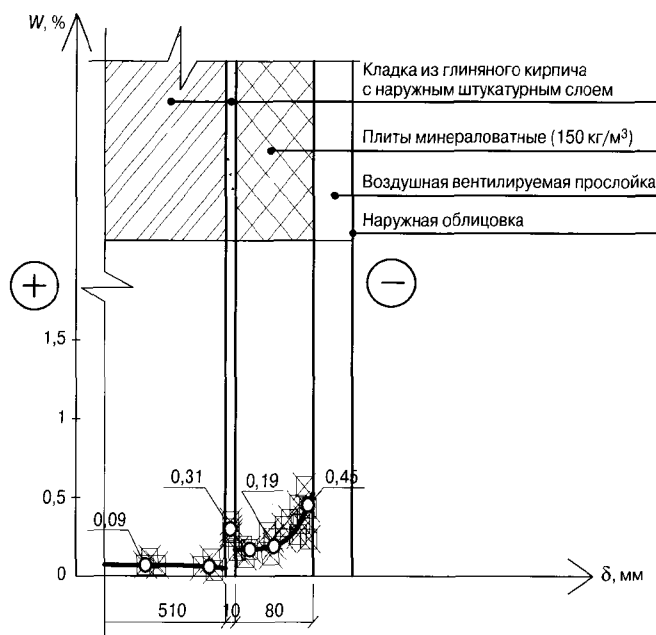


Рис. 6. Распределение массовой влажности по толщине наружной кирпичной стены с вентилируемой фасадной системой

периментальных исследований и представленным в нормативной литературе. Дополнительная теплоизоляция, независимо от вида и типа укрывного слоя, способствует значительному снижению массовой влажности материалов наружных стен.

Учитывая необходимость определения приведенного сопротивления теплопередаче современных конструкций

наружных стен зданий, с целью максимального использования теплозащитных качеств строительных материалов рекомендуется выполнить уточнение их расчетных массовых отношений влаги, представленных в нормативных документах, на основании результатов натурных исследований эксплуатируемых объектов.

Рекомендуется предусмотреть возможность принятия расчетных коэффициентов теплопроводности материалов конструкций в зависимости от их влажности, например по результатам расчета влажностного режима принятой в первом приближении конструкции, а расчетные массовые отношения влаги в материале связать с экспериментальными показателями сорбционной влажности.

#### Список литературы

1. Васильевский А.П. Микроклимат и температурно-влажностный режим ограждающих конструкций зданий на Севере. Л.: Стройиздат, 1986. 164 с.
2. Умнякова Н.П. Теплозащитные свойства эксплуатируемых навесных вентилируемых фасадных конструкций // Жилищное строительство. 2011. № 2. С. 2–6.
3. Машенков А.Н., Чебурканова Е.В. Определение коэффициента теплотехнической однородности навесных фасадных систем с воздушным зазором // Строительные материалы. 2007. № 6. С. 10–12.
4. Корнилов Т.А., Амбросьев В.В. Анализ технического состояния навесных фасадов на объектах г. Якутска // Актуальные проблемы строительной теплофизики: Стены и фасады. Материалы VIII научно-практической конференции. 24–26 апреля, 2003 г. Москва: НИИСФ, 2003. С. 192–198.